

# COMPORTAMIENTO DE DOS CULTIVARES DE LIMÓN MEXICANO [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] EN PORTAINJERTOS DESARROLLADOS EN SUELOS CON DOS PROFUNDIDADES

V. M. Medina-Urrutia<sup>1</sup>; M. M. Robles-González;  
J. J. Velázquez-Monreal

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias,  
Campo Experimental Tecomán. Km. 35 Carretera Colima-Manzanillo.  
Tecomán, Colima. C. P. 28100. MÉXICO.  
Correo-e: medina.victor@inifap.gob.mx (<sup>1</sup>Autor responsable).

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue conocer el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto de los cultivares Mexicano con espinas ('MCE') y Mexicano sin espinas ('MSE') [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] injertados en diferentes portainjertos vigorosos en dos suelos con distinta profundidad. Se eligieron dos localidades, una con suelo superficial (SS), con un manto freático fluctuante de 80 a 120 cm de profundidad y otra con suelo profundo (SP). En la localidad con SS, se evaluaron cinco portainjertos: Macrofila (*C. macrophylla* Wester), limón Rugoso (*C. jambhiri* Lush), Taiwanica (*C. taiwanica*), Citrange Troyer (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*) y naranjo Agrio (*C. aurantium*) los cuales fueron injertados con los cultivares 'MCE' y 'MSE'. En la localidad con SP, únicamente se evaluaron los primeros tres portainjertos. El limón 'MCE' superó en diámetro de copa y produjo mayor cantidad de fruto que el 'MSE', en ambas localidades, pero la calidad de fruto fue similar en ambos cultivares. Tanto en suelo SS como en SP, Macrofila propició el desarrollo de árboles con mayor diámetro de copa y rendimiento promedio de los dos cultivares, aunque en perímetro de tronco y volumen de copa fue similar a Taiwanica y Rugoso. Las diferencias entre portainjertos respecto a la calidad de fruto fueron inapreciables. En la localidad con SS, el 'MCE' mostró producciones más elevadas en seis años de cosecha que el 'MSE' en todos los portainjertos; sin embargo, el crecimiento y producción de todas las combinaciones fue afectado por la presencia del manto freático. En la localidad con SP, los árboles de limón sin espinas sobre Macrofila y Rugoso fueron tan vigorosos y productivos como el 'MCE' sobre los mismos portainjertos. En el suelo SS, las combinaciones más promisorias por su aceptable crecimiento y rendimiento y menor riesgo de daño por gomosis fueron 'MCE'/Macrofila y 'MCE'/Troyer. En tanto que en suelo SP, las mejores combinaciones fueron 'MCE' y 'MSE' sobre Macrofila.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Citrus aurantifolia*, crecimiento, rendimiento, calidad de fruta, manto freático.

## FIELD PERFORMANCE OF TWO CULTIVARS OF MEXICAN LIME ON ROOTSTOCK GROWN IN SOILS WITH DIFFERENT DEPTH

## ABSTRACT

The objective of this research was to assess the growth, yield and fruit quality of the cultivars Mexican lime with thorns ('MCE') and Mexican thornless ('MSE') [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] grafted on to different vigorous rootstocks established in soils with two different depths. Two different sites were chosen to set up the experiments, one with shallow soil (SS) with a water table 80 to 120 cm deep, and the other with deep soil (SP). Rootstocks evaluated on SS site were Macrophylla (*Citrus macrophylla* Wester), Rough lemon (*C. jambhiri* Lush), Taiwanica (*C. taiwanica*) Troyer citrange (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*), and Sour orange (*C. aurantium*). The same rootstocks, except for Troyer citrange and Sour orange, were used in SP. 'MCE' trees had larger crown diameter and yield than 'MSE' in both soils. Of all rootstocks, Macrophylla supported the largest tree crown diameter and average yield of the two lime cultivars, in both soil conditions. However, this rootstock was similar to Taiwanica and Rough lemon in tree height and crown volume. Fruit quality was not affected by the rootstocks used. Soil depth affected tree performance of most scion/rootstock combinations throughout the years. On the SS site, 'MCE' was more productive than 'MSE' on all rootstocks during the six years of

production; however tree growth and yield of most combinations were affected by the water table. On the SP site, Mexican thornless lime trees on Macrophylla and Rough lemon were as vigorous and productive as 'MCE' on the same rootstocks. The most promising combinations for the SS site were 'MCE'/Macrophylla and 'MCE'/Troyer citrange. On the SP site, the best combinations were both 'MCE' and 'MSE' on Macrophylla rootstock.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Citrus aurantifolia*, growth, yield, fruit quality, water table.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Colima, México es un importante productor de limón Mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] con más de 26,000 ha plantadas con esta especie (SAGARPA, 2006). En esta entidad el clima varía de cálido seco a cálido húmedo. Recientemente se determinó que aun cuando la mayoría de los suelos en esta región son profundos, existen áreas considerables donde la profundidad efectiva del suelo está determinada por la presencia de capas endurecidas o mantos freáticos de (40 a 100 cm) de la superficie (Pérez-Zamora, 2004). La mayoría de los suelos son calcáreos y la acumulación de carbonatos de calcio puede ocurrir en todo el perfil o sólo en el horizonte superior de 0 a 30 cm (Pérez-Zamora, 2004). Estas condiciones son muy variables de un predio a otro (Medina-Urrutia *et al.*, 2001).

Aunque el principal cultivar de limón es el mexicano con espinas ('MCE'), existe gran interés en México por expandir la superficie con el nuevo cultivar de limón mexicano sin espinas ('MSE'), debido a las ventajas que ofrece de reducir los costos y daños durante la cosecha (Medina-Urrutia *et al.*, 2005). Sin embargo, los antecedentes que existen sobre la producción de este cultivar son escasos. En un reporte previo, se observó que el limón 'MSE' injertado sobre naranjo agrio produjo 30 % menos que el 'MCE' en el mismo portainjerto en suelo arenoso profundo (Becerra-Rodríguez *et al.*, 1979). Se desconoce el potencial de producción del limón 'MSE' en otros portainjertos y diferentes tipos de suelo, lo cual es muy importante determinar para seleccionar aquellos con mejor adaptación y producción y desarrollar una agroindustria de limón más competitiva en torno a este cultivar.

En estudios previos se reportó que Macrofila (*Citrus macrophylla* Wester), limón Rugoso (*C. jambhiri* Lush) y Volkameriana (*C. volkameriana* Pasq), se comportan como portainjertos vigorosos y productivos cuando se injertan con limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), limón italiano (*Citrus limon* Burn.) y limón Mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) (Colburn *et al.*, 1963; Campbell, 1972; Rodney y Harris, 1977; Castle 1987; Castle *et al.*, 1993; Campbell, 1979; Jiménez *et al.*, 1986 y Medina-Urrutia 1996). Estos resultados han propiciado el uso comercial de estos portainjertos en las regiones productoras de las distintas especies de limón. En México, los portainjertos más utilizados para limón Mexicano en suelos profundos con diferente textura son Macrofila y Volkameriana (Medina-Urrutia, 1996; Medina-Urrutia *et al.*, 2001). En Perú, donde los suelos son arenosos y profundos existe mayor preferencia por limón Rugoso y Volkameriana.

En Cuba, Macrofila y Amblicarpa son recomendados como portainjertos de limón Persa en suelos ferrálíticos y profundos (Simon *et al.*, 1977; Simón y Jiménez, 1986; Jiménez *et al.*, 1986).

En estudios recientes con limón Persa en Brasil y Florida (Amaro *et al.*, 2000; Figueiredo *et al.*, 2000; Castle *et al.*, 2004) y limón Mexicano en México (Medina-Urrutia *et al.*, 1999), los portainjertos más promisorios, no han logrado superar en crecimiento y producción a Macrofila y Volkameriana. En consecuencia, se prevee que en los próximos años continuará predominando el uso de Macrofila, limón Rugoso y Volkameriana como portainjertos del limón Persa y limón Mexicano, en tanto se generan resultados de portainjertos con mayores beneficios. Es conocido que Macrofila es sensible a la tristeza de los cítricos; mientras que el limón Rugoso es susceptible a gomosis y a enfermedades de tipo viral; y que Volkameriana está reportado como sensible a gomosis y nematodos (Newcomb, 1978; Castle, 1987; Castle *et al.*, 1993). Sin embargo, la ventaja de utilizar un portainjerto tolerante a problemas fitosanitarios, en condiciones del trópico, podría ser irrelevante si la combinación cultivar-portainjerto es incapaz de desarrollarse aceptablemente en un suelo que le resulte adverso. Recientemente se encontró que el limón Persa en Macrofila, mostró pobre crecimiento y rendimiento, así como declinación prematura cuando se estableció en suelos con manto freático superficial, observándose lo contrario con esta combinación en un suelo arenoso y profundo (Medina-Urrutia *et al.*, no publicado). El comportamiento de los portainjertos puede ser diferente cuando se emplean distintos cultivares de cítricos (Castle *et al.*, 1993). Por tanto, los estudios que se realicen al respecto contribuirán a tener mayor claridad en lo anterior.

El objetivo del presente estudio fue conocer el crecimiento, rendimiento, eficiencia productiva y calidad de fruto de los árboles de limón cultivares 'MCE' y 'MSE' injertados sobre distintos portainjertos vigorosos y establecidos en dos distintos tipos de suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localidad y clima.** El estudio se efectuó en el municipio de Tecmán Colima, la más importante área productora de limón Mexicano. El clima es cálido seco (BS) con temperatura promedio de 27 °C y precipitación de 700 mm anuales.

**Condiciones de suelo.** Se eligieron dos sitios con distintas condiciones de suelo. En la localidad Crucero de Te-

comán, el suelo fue profundo (SP) mayor a cinco metros. En el perfil de 0 a 60 cm de profundidad, el suelo presentó textura areno-migajonosa, pH de 7.4, el contenido de materia orgánica fue 1.3 %, con 1,200 ppm de carbonatos de calcio, conductividad eléctrica de 0.490 mmhos/cm. En la localidad Cerrito de Aguilar, el suelo se caracterizó por ser superficial (SS) con profundidad limitada por el manto freático fluctuante de los 80 a 120 cm de la superficie del suelo. En el perfil de 0 a 60 cm de profundidad, el suelo tuvo textura y contenido de materia orgánica similares al anterior, pH 7.8, 2,150 ppm de carbonatos de calcio y conductividad eléctrica de 0.880 mmhos·cm<sup>-1</sup>.

**Materiales utilizados.** Los portainjertos evaluados en Crucero de Tecomán, con SP fueron Macrofila (*Citrus macrophylla* Wester), Taiwanica (*C. taiwanica*), limón Rugoso (*C. jambhiri* Lush). En Cerrito de Aguilar, con suelo superficial (SS), además de los anteriores, también se incluyó citrange Troyer (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*) y naranjo Agrio (*C. aurantium* L.). Las especies anteriores se injertaron con yemas de limón Mexicano [*C. aurantifolia* (Christm) Swingle] de dos cultivares: Mexicano con espinas (MCE) y Mexicano sin espinas (MSE), obtenidas del Banco de Germoplasma de Cítricos del INIFAP-Campo Experimental Tecomán. A partir del establecimiento de los árboles en el campo el estudio tuvo duración de siete años.

**Manejo de la plantación.** Los árboles en las dos localidades se plantaron a 9.0 x 9.0 m. En la localidad con suelo profundo, hubo baja disponibilidad de agua, de tal manera que se suministraron ocho riegos (cada 25 días) y no se regaron durante el período de lluvias (julio a octubre). En la localidad con suelo somero, hubo mayor disponibilidad de agua, por lo que se aplicaron 12 riegos (cada 18 días). En ambas localidades se empleo riego por gravedad con el método conocido como espina de pescado. Anualmente se efectuaron tres fertilizaciones utilizando la dosis 1.2-0.6-0.6 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. Durante el mes de noviembre se practicó poda que consistió en eliminar ramas enfermas, así como aquellas cercanas al suelo. Las plagas que se presentaron con más frecuencia fueron mosca blanca, pulgón y escama de nieve y fueron controladas con insecticidas aplicados al follaje.

**Variables registradas.** A partir del segundo año y hasta el séptimo, anualmente se registró la altura de planta (m), el diámetro de la copa (m). Con base en estas dos variables se obtuvo el volumen de copa (m<sup>3</sup>) aplicando la fórmula  $vc = 2.094 (r^2) h$ , donde: vc = volumen de copa, r = radio de la copa, h = altura del árbol. El perímetro del tronco fue medido una vez por año debajo de la unión del injerto-portainjerto con una cinta métrica de tela flexible. Se registró la producción total por árbol al sumar la cantidad de fruta de las diferentes cosechas por año. Al cuarto y quinto año de producción, se tomó una muestra de 20 frutos por árbol durante las tres principales cosechas del año registradas en verano. En estos frutos se registraron las variables de calidad: peso de la fruta (g), porcentaje de jugo (peso/

volumen), contenido de acidez (%), sólidos solubles totales (%) y contenido de aceite esencial (%).

**Estadísticos.** Se empleó un diseño experimental de bloques al azar para analizar los datos en cada localidad. El diseño de tratamientos fue un factorial donde los factores en estudio fueron los portainjertos, los cultivares y los años, así como las interacciones entre ellos.

## RESULTADOS

Tanto en el suelo somero como en el profundo hubo diferencias significativas para los factores portainjertos y cultivares de limón mexicano, en la mayoría de variables de crecimiento, producción y tamaño de fruto; pero no para la interacción cultivar por portainjerto. A continuación se presentan los resultados por localidad.

### Efecto del portainjerto

En el sitio con SS, el portainjerto Macrofila, originó los árboles de limón con mayor diámetro y volumen de copa promedio de los dos cultivares. Sin embargo, para altura de planta y perímetro de tronco, Macrofila fue estadísticamente similar a otros portainjertos. En este suelo, las variaciones en producción de los cinco portainjertos fueron entre 94 y 112 kg·árbol<sup>-1</sup>, siendo Troyer y Macrofila, los que produjeron los rendimientos, más bajos y altos, respectivamente (Cuadro 1).

El peso de los frutos en suelo somero varió de 36.4 g (Naranjo agrio) a 38.8 g (Taiwanica), respectivamente (Cuadro 2)

En el sitio con SP, el portainjerto Macrofila superó a Taiwanica y limón Rugoso en todas las variables de crecimiento, excepto en volumen de copa en la cual fue igual al limón Rugoso. Así mismo, los árboles de limón mexicano fueron más productivos sobre Macrofila que en los otros dos portainjertos (Cuadro 1). En esta localidad, el tamaño de fruto fue mayor en árboles de limón mexicano sobre Macrofila y limón Rugoso que en Taiwanica (Cuadro 2).

**Efecto del cultivar de limón:** Al considerar el promedio de crecimiento de los cinco portainjertos en el suelo somero (SS), se determinó que los dos cultivares de limón fueron diferentes únicamente en el diámetro de copa. Respecto a la producción, el 'MCE' produjo 48 % más que el 'MSE' en esta condición de suelo (Cuadro 3). Ambos cultivares produjeron frutos de similar peso y calidad (Cuadro 4).

También en el suelo profundo (SP), los cultivares de limón mostraron comportamiento similar al observado en suelo somero respecto al crecimiento, producción y peso de fruto (Cuadro 3 y 4).

### Portainjerto por cultivar

En la localidad con SS, la interacción portainjerto por

**CUADRO 1. Efecto de portainjertos en el crecimiento y rendimiento del limón en dos localidades con diferente profundidad de suelo. Promedio de los cultivares 'MCE' y 'MSE'.**

| Portainjerto           | Crecimiento         |                      |                       |                      | Rendimiento (kg-árbol <sup>-1</sup> ) |
|------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|
|                        | Altura (m)          | Diámetro de copa (m) | Perímetro Tronco (cm) | Volumen de copa (m³) |                                       |
| Suelo Superficial (SS) |                     |                      |                       |                      |                                       |
| Rugoso                 | 4.4 ab <sup>z</sup> | 4.8 b                | 46.9 b                | 60.9 b               | 101 ab                                |
| Taiwanica              | 4.3 ab              | 4.8 b                | 49.7 ab               | 60.4 b               | 110 ab                                |
| Macrofila              | 4.6 a               | 5.3 a                | 53.4 a                | 70.4 a               | 112 a                                 |
| Troyer                 | 4.5 ab              | 4.8 b                | 50.0 ab               | 62.2 b               | 94 b                                  |
| N. Agrio               | 4.3 b               | 4.7 b                | 49.7 ab               | 55.7 b               | 102 ab                                |
| Suelo Profundo (SP)    |                     |                      |                       |                      |                                       |
| Rugoso                 | 4.4 a               | 4.9 b                | 52.5 a                | 60.9 a               | 195 b                                 |
| Taiwanica              | 4.0 c               | 4.4 c                | 46.0 b                | 44.6 a               | 140 c                                 |
| Macrofila              | 4.2 b               | 5.1 a                | 54.3 a                | 58.2 a               | 227 a                                 |

<sup>z</sup>Medias con diferente letra en la misma columna y profundidad de suelo, son diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

**CUADRO 2. Efecto del portainjerto en la calidad de la fruta de limón en dos localidades con diferente profundidad de suelos. Promedio de dos cultivares 'MCE' y 'MSE'.**

| Cultivar               | Peso<br>fruto (g)   | Jugo<br>(%) |    | Acidez<br>(%) |     | SST <sup>x</sup><br>(%) |      | AC <sup>y</sup><br>(mg·100 <sup>-1</sup> ml) |     | Aceite<br>esencial (%) |       |
|------------------------|---------------------|-------------|----|---------------|-----|-------------------------|------|--|-----|------------------------|-------|
| Suelo superficial (SS) |                     |             |    |               |     |                         |      |  |     |                        |       |
| Rugoso                 | 37.0 b <sup>z</sup> | 49          | 48 | 6.7           | 7.6 | 10.2                    | 9.9  | 437  | 549 | 0.500                  | 0.560 |
| Taiwanica              | 38.8 a              | 47          | 45 | 6.8           | 7.5 | 10.3                    | 10.0 | 424  | 551 | 0.532                  | 0.580 |
| Macrofila              | 38.7 ab             | 48          | 46 | 6.5           | 7.5 | 8.7                     | 9.9  | 442  | 588 | 0.468                  | 0.587 |
| Significancia          |                     | NS          |    | NS            | NS  |                         |      |  |     |                        |       |
| Suelo profundo (SP)    |                     |             |    |               |     |                         |      |  |     |                        |       |
| Rugoso                 | 33.5 ab             | 48          | 44 | 7.0           | 7.2 | 9.7                     | 9.8  | 505  | 539 | 0.552                  | 0.515 |
| Taiwanica              | 32.9 b              | 49          | 48 | 7.5           | 7.4 | 10.3                    | 10.2 | 595  | 536 | 0.573                  | 0.510 |
| Macrofila              | 35.4 a              | 50          | 50 | 7.2           | 7.3 | 9.8                     | 9.9  | 475  | 545 | 0.525                  | 0.432 |
| Significancia          |                     |             |    |               |     |                         |      |  |     |                        |       |

<sup>z</sup>Medias con diferente letra en la misma columna y profundidad de suelo, son diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>x</sup>Sólidos solubles totales

<sup>y</sup>Ácido ascórbico

**CUADRO 3. Crecimiento y producción de limón 'MCE' y 'MSE' en dos localidades con suelos de diferente profundidad. Promedio de cinco portainjertos en suelo somero (SS) y tres portainjertos en suelo profundo (SP).**

| Cultivar                      | Altura (m)       | Diámetro de copa (m) | Perímetro de tronco (cm) | Volumen de copa (m <sup>3</sup> ) | Rendimiento (kg-árbol <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------|------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Suelo superficial (SS)</b> |                  |                      |                          |                                   |                                       |
| 'MCE'                         | 4.4 <sup>z</sup> | 5.0 a                | 50.5                     | 63.2                              | 140 a                                 |
| 'MSE'                         | 4.4              | 4.7 b                | 49.4                     | 60.7                              | 68 b                                  |
| <b>Suelo profundo (SP)</b>    |                  |                      |                          |                                   |                                       |
| 'MCE'                         | 4.2              | 4.9 a                | 50.5                     | 56.2                              | 204 a                                 |
| 'MSE'                         | 4.2              | 4.6 b                | 52.0                     | 52.9                              | 170 b                                 |

<sup>z</sup>Medias con diferente letra en la misma columna y profundidad de suelo, son diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .



**CUADRO 4. Calidad de fruto de limón 'MCE' y 'MSE' en dos sitios con diferente profundidad de suelo. Promedio de cinco y tres portainjertos en suelo SS y SP respectivamente.**

| Cultivar                      | Peso fruto (g) | Jugo (%) | Acidez (%) | Sólidos Solubles totales (%) | Acido ascórbico (mg·100 <sup>-1</sup> ml) | Aceite esencial (%) |
|-------------------------------|----------------|----------|------------|------------------------------|---|---------------------|
| <b>Suelo superficial (SS)</b> |                |          |            |                              |   |                     |
| 'MCE'                         | 37.5           | 50       | 46         | 6.7                          | 7.6                                       | 10.0                |
| 'MSE'                         | 38.0           | 49       | 48         | 6.7                          | 7.5                                       | 9.8                 |
| <b>Suelo profundo (SP)</b>    |                |          |            |                              |   |                     |
| 'MCE'                         | 33.4           | 48       | 48         | 7.2                          | 7.3                                       | 9.2                 |
| 'MSE'                         | 34.4           | 47       | 45         | 7.3                          | 7.4                                       | 10.2                |

<sup>a</sup>Medias con diferente letra en la misma columna y profundidad de suelo, son diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

cultivar únicamente resultó altamente significativa para las variables volumen de copa y producción. Esto indica que el crecimiento y rendimiento de los cultivares se modifica al cambiar de portainjerto. Al utilizarse como portainjerto al limón Rugoso en SS, hubo mayor crecimiento en 'MCE' que en 'MSE'. Sin embargo, al emplear a Taiwanica, ocurrió lo contrario con los dos cultivares de limón mexicano. Con Macrofila, tanto el limón 'MCE' como el 'MSE', desarrollaron árboles de similar volumen de copa. Mientras que Troyer propició mayor tamaño del 'MSE' que 'MCE'. Con naranjo Agrio el tamaño fue similar en los dos cultivares. La combinación 'MCE' sobre limón Rugoso, superó en 65 % la producción del 'MSE' en el mismo portainjerto. La diferencia en producción entre 'MCE' y 'MSE' fue de 48 % cuando se usó a Taiwanica como portainjerto. De manera similar, el limón 'MCE' mostró consistentemente mayor rendimiento que el 'MSE' en cualquiera de los tres portainjertos: Troyer, naranjo Agrio y Macrofila. En el suelo somero (SS) las combinaciones mas productivas fueron 'MCE'/Macrofila, 'MCE'/limón Rugoso y 'MCE'/naranjo Agrio (Figura 1).

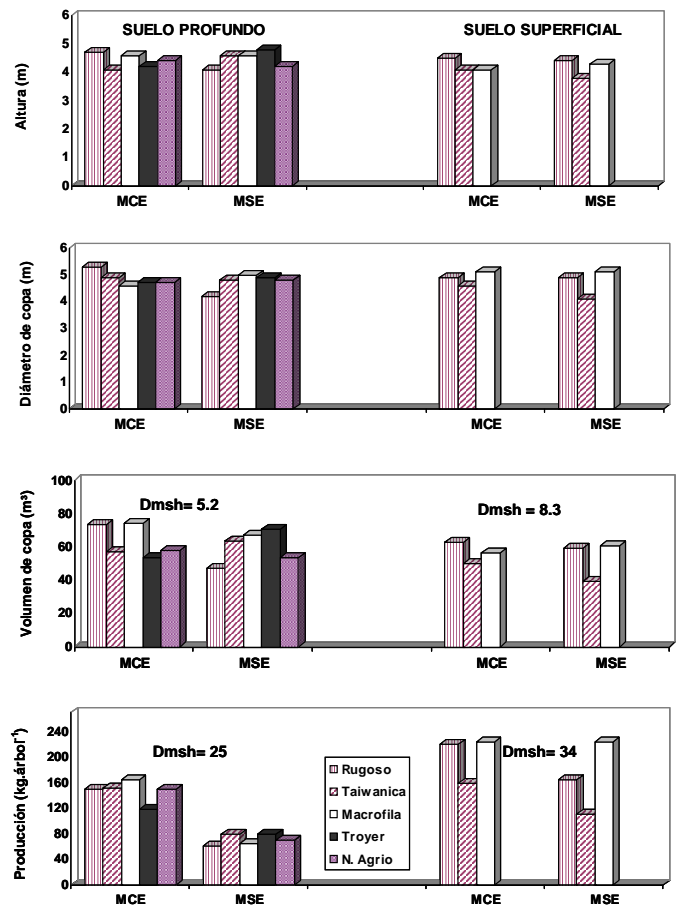
En el caso del suelo profundo (SP) la interacción portainjerto por cultivar también mostró diferencias significativas en crecimiento y producción. Al utilizarse el portainjerto limón Rugoso en el SP, los cultivares de limón con espinas y sin espinas mostraron altura de planta, diámetro y volumen de copa similares. Sin embargo, con el portainjerto Taiwanica, los árboles de limón 'MCE' fueron más grandes que los de limón 'MSE'. Sobre Macrofila, los dos cultivares mostraron crecimiento similar, aunque el volumen de copa del 'MSE' fue ligeramente superior al 'MCE'. El limón 'MCE' fue más productivo que el 'MSE' cuando se utilizó a limón Rugoso y a Taiwanica como portainjertos (Figura 1). Sin embargo, tanto 'MCE' como 'MSE' Macrofila sobre Macrofila mostraron producción similar, pero la más elevada en comparación con las demás combinaciones.

#### Comportamiento de las distintas combinaciones a través del tiempo

No obstante que esta interacción no resultó significativa para las variables estudiadas, a continuación se describen los resultados debido a que son bastante ilustrativos. Tanto

en el suelo somero (SS), como en el suelo profundo (SP) los árboles de limón mexicano de las distintas combinaciones mostraron crecimiento rápido durante los primeros cuatro años de vida (Figura 2). Sin embargo, a partir del quinto año, los incrementos en altura de planta, diámetro de copa y volumen de copa en suelo somero (SS) fueron menores que en suelo profundo (SP).

Respecto a la producción de fruto, fue notorio que en suelo somero los portainjertos vigorosos Rugoso y Macrofila



**FIGURA 1. Efecto de interacción cultivar\*portainjerto en altura, diámetro, volumen de copa y producción en planta de limón mexicano con espinas ('MCE') y sin espinas ('MSE') en dos tipos de suelo.**

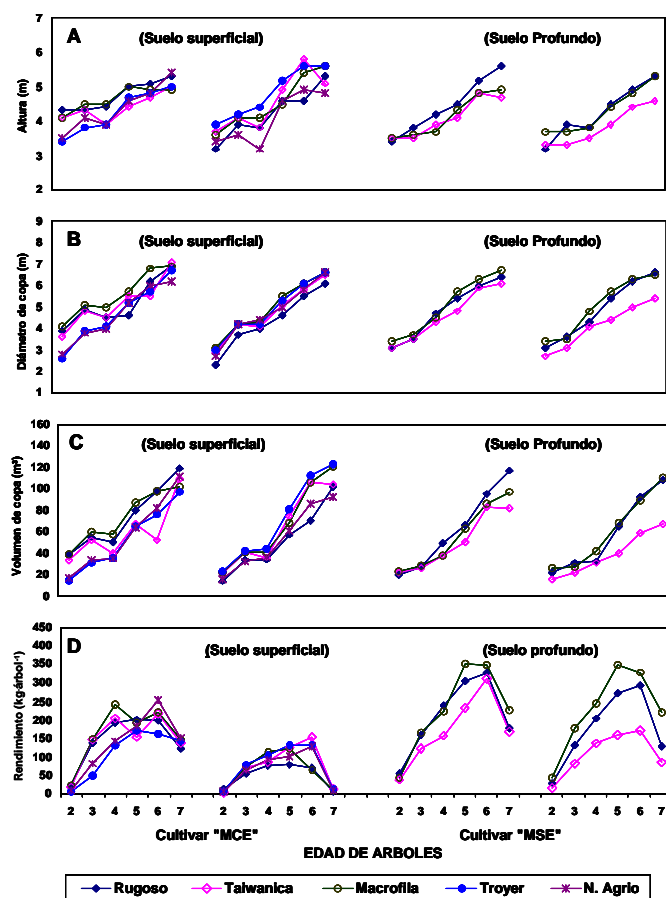


FIGURA 2. Efecto de la interacción portainjerto por cultivar, por año, en el crecimiento (a, b, c) y rendimiento (d) de limón mexicano en dos localidades una con suelo superficial y otra con suelo profundo.

injertados con 'MCE' resultaron precoces, puesto que produjeron cosechas superiores a 20 kg por árbol desde el segundo año en tanto que a la misma edad el limón 'MSE' sobre los mismos portainjertos, tuvo una producción 50 % menor. Los dos cultivares de limón sobre Troyer y naranjo Agrio, que son menos vigorosos, tuvieron una producción inferior (Figura 2). Del segundo al quinto año de edad, la producción del 'MCE' se incrementó fuertemente en todas las combinaciones en este sitio. Con los portainjertos vigorosos, el 'MCE' mostró rendimientos que oscilaron entre 136 y 241 kg·árbol<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>. En este mismo periodo, el limón MCE sobre los portainjertos menos vigorosos registró producciones de 50 a 183 kg·árbol<sup>-1</sup>. En contraste, el cultivar 'MSE' durante ese mismo periodo, registró un rendimiento que varió entre 60 y 130 kg·árbol<sup>-1</sup>, sin que se observaran diferencias importantes entre portainjertos. A partir del sexto año la producción de los dos cultivares de limón mexicano sobre todos los portainjertos en SS, comenzó a declinar, siendo más fuertes las reducciones en 'MSE' sobre limón Rugoso y Macrofila, que en 'MCE' sobre los mismos portainjertos (Figura 2).

En suelo profundo (SP) el limón 'MCE' sobre Macrofila y limón Rugoso produjo también cosechas precoces,

superiores 44 a 55 kg·árbol<sup>-1</sup>, a las observadas en suelo somero (SS) (Figura 2). También el limón 'MSE' obtuvo una cosecha precoz significativa que osciló entre 29.0 y 43 kg·árbol<sup>-1</sup> en SP. Del segundo al quinto año de cosecha el 'MCE' sobre estos dos portainjertos vigorosos registraron de 160 a 320 kg·árbol<sup>-1</sup>. En el mismo periodo 'MSE' obtuvo de 131 a 347 kg·árbol<sup>-1</sup>. Al emplearse a Taiwanica como portainjerto la producción de ambos cultivares decreció en ese mismo periodo. Durante el sexto año las producciones en todas las combinaciones disminuyeron debido al mal manejo de la plantación, principalmente por la escasez del agua para riego, pero no por problemas fitosanitarios.

## DISCUSIÓN

Independientemente del portainjerto, en este estudio el limón 'MCE', fue superior en producción al 'MSE', lo cual confirma los resultados obtenidos previamente (Becerra-Rodríguez *et al.*, 1979; Robles-González *et al.*, 2005), y resalta el carácter genético de alta productividad del 'MCE'.

La combinación 'MCE'/Macrofila fue productiva en las dos condiciones, aunque se adaptó mejor al suelo profundo que al superficial, lo que corrobora que estos árboles se adaptan muy bien a los suelos arenosos y profundos (Valdez-Verduzco y Medina-Urrutia, 1981; Valdez-Verduzco y Medina-Urrutia, 1984). La combinación limón 'MSE'/Macrofila en suelo profundo resultó tan productiva como la combinación 'MCE'/Macrofila, pero en suelo somero y húmedo el crecimiento de ambas combinaciones se redujo notablemente, existiendo un 50 % más de rendimiento en 'MCE'/Macrofila que en 'MSE' sobre el mismo portainjerto. El buen comportamiento productivo de 'MSE'/Macrofila en suelo SP constituye una novedad, ya que este cultivar sobre naranjo Agrio en un suelo similar (Becerra-Rodríguez *et al.*, 1979), o sobre Macrofila en suelo migajón arcillo-arenoso, produjo 30 a 40 % menos que el tradicional 'MCE' sobre los mismos portainjertos. Macrofila ha resultado ser un portainjerto promisorio también en estudios con limón 'Persa' (Colburn *et al.*, 1963; Campbell, 1972; Del Valle-Valdez, 1997; Figueiredo *et al.*, 2000) y con limón italiano (Rodney y Harris, 1977; Castle, 1987) lo cual permite caracterizar a este portainjerto por alta estabilidad productiva, confiable para utilizarse con especies de limón. Sin embargo, se debe tener presente que Macrofila es sensible a VTC, así como lo es el limón mexicano y por ende también los cultivares 'MCE' y 'MSE', por lo que a futuro deberá ampliarse la diversidad de combinaciones tolerantes a esta enfermedad para evitar riesgos a la agroindustria del limón mexicano. Resultó claro que el comportamiento en crecimiento y producción tanto del limón 'MCE', como 'MSE' sobre Macrofila en suelo somero, fue afectado por el manto freático que actuó como una barrera física que limitó el desarrollo de la raíz de este portainjerto reportado como de enraizado profundo (Medina-Urrutia y Alcalde-Blanco, 1981). Las condiciones de elevada humedad en el suelo somero favorecieron los daños por *Phytophthora* en las com-

binaciones de limón con el portainjerto limón Rugoso, el cual está reportado como susceptible a esta enfermedad (Newcomb, 1978; Castle *et al.*, 1993). Otras combinaciones donde se utilizaron portainjertos tolerantes a gomosis (*Phytophthora*) como son Macrofila, Troyer y naranjo Agrio también fueron afectadas por la enfermedad arriba de la unión del injerto con el portainjerto debido a que la injertación se hizo muy cerca de la superficie del suelo. En reportes técnicos se ha recomendado el utilizar alturas de injertación superiores a los 30 cm con el fin de evitar los daños por *Phytophthora* en el limón mexicano, aun cuando se injerte sobre patrones tolerantes (Medina-Urrutia *et al.*, 2001).

## CONCLUSIONES

Tanto en suelo profundo (SP) como en superficial (SS), el limón 'MCE' superó al 'MSE' en crecimiento y producción. La calidad del fruto de ambos cultivares fue similar.

En suelo SS el portainjerto Macrofila mostró mayor crecimiento promedio de los dos cultivares seguido del Taiwanica. La producción de limón fue similar con los portainjertos Macrofila, Rugoso, Taiwanica y naranjo Agrio, con más de 100 kg-árbol<sup>-1</sup>-año<sup>-1</sup>. Únicamente el Troyer produjo menos de 100 kg-árbol<sup>-1</sup>-año<sup>-1</sup> promedio de los dos cultivares. En suelo SP tanto Macrofila como limón Rugoso se comportaron como de crecimiento vigoroso y superaron al Taiwanica tanto en crecimiento como en producción promedio de los dos cultivares.

En ambos tipos de suelo las combinaciones 'MCE'/Macrofila y 'MCE'/Rugoso fueron las más precoces, ya que comenzaron a producir fruto a partir del segundo año de edad. En todas las combinaciones, la mayor producción se obtuvo del tercer al quinto año. A partir del sexto año, en suelo superficial, la producción de las distintas combinaciones comenzó a declinar. En suelo profundo el abatimiento en la producción ocurrió al séptimo año de edad, y fue atribuible a la falta de suministro de agua por escasez.

## LITERATURA CITADA

- AMARO, A. A.; SALIBE, A. A.; SOBRINHO, J. T. 2000. "Eureka" lemon and "Thaiti" lime production in Brasil. Proc. Int. Soc. Citricultura. Florida, USA: 581 (Abstract).
- BECERRA-RODRÍGUEZ, S.; VALDEZ-VERDUZCO J.; MEDINA-URRUTIA, V. M. 1979. Comportamiento de los limones Mexicanos, 'Persa' y Eureka en el valle de Tecmán, Colima. Proc. Trop. Region Am. Soc. Hort. Sci. 23: 92-94.
- CAMPBELL, C. W. 1972. Rootstock effects on tree size and yield of "Tahiti" lime. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 85: 333-334.
- CAMPBELL, C. W. 1979. Tahiti lime production in Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences. Cooperative Extension Service. Bulletin 187. Univ. Florida. 45 p.
- CASTLE, W. S. 1987. Citrus rootstocks. pp. 361-399. In: R. ROM; R. CARLSON (eds). Rootstocks for fruit crops. J. Wiley and Sons Inc. New York. N. Y.
- CASTLE, W. S.; TUCKER, D. P. H.; KREZDORN, A. H.; YOUTSEY, C. O. 1993. Rootstocks for Florida Citrus. University of Florida. Institute of Food and Agricultural Sciences. SP 42 University of Florida. 92 p.
- CASTLE, W. S.; SCHNELL, R. J.; CRANE, J. H.; GROSSER, J. W.; GMITTER JR. F. G.; AYALA-SILVA, T.; BOWMAN, K. D. 2004. Evaluation of new citrus rootstocks for Tahiti lime production in Southern Florida. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 117:174-181
- COLBURN, B.; GARDNER, F. E.; HORANIC G., E. 1963. A rootstock trial for Tahiti limes in Dade Country, Florida. Fla. Sta. Hort. Soc. 76-77: 24-35.
- DEL VALLE-VALDEZ, S. N. 1997. Como escoger el patrón para cítricos. Promotora Citrícola del Golfo. 54 p.
- FIGUEIREDO, J. O.; LARANJEIRA, F. F.; SOBRINHO, J. T.; PÍO, R. M.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; SEMPIONATO, O.; OLIMA, J. E. 2000. Rootstocks for Tahiti lime in São Paulo State, Brasil. Proc. Int. Soc. Citricultura. Florida, USA. 1: 487-489.
- JIMÉNEZ, V. R.; ORAMS, R.; FROMETA, E.; GARCÍA, E. 1986. Influencia de seis patrones sobre el cultivo limón Persa SRA-SB (*Citrus latifolia*) en condiciones tropicales de Cuba. Memorias Simp. Int. Citricultura Tropical. La Habana Cuba. 1: 125-137.
- MEDINA-URRUTIA, V. M.; ALCALDE-BLANCO, S. 1981. Effect of mexican and Persian limes on the root system characteristics of three rootstocks. Proc. Int. Soc. Citricultura. Japan. 1: 140-142
- MEDINA-URRUTIA, V. M.; ALCALDE, B. S.; SADOWSKI, A. 1980. Análisis de la distribución radicular de ocho patrones injertados con limón Persa *Citrus latifolia* Tan. Agric. Tec. Mex. 6(1): 67-76.
- MEDINA-URRUTIA, V. M.; ROBLES-GONZÁLEZ, M. M.; BECERRA-RODRÍGUEZ, S.; OROZCO-ROMERO J.; OROZCO-SANTOS, M.; GARZALÓPEZ, J. G.; OVANDO CRUZ, M. E.; CHÁVEZ-CONTRERAS, X.; FÉLIX-CASTRO, F. A. 2001. El cultivo del limón Mexicano. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Tecmán. Libro Técnico Núm. 1. 188 p.
- MEDINA-URRUTIA, V. V.; ROBLES-GONZÁLEZ, M. M.; CHÁVEZ-CONTRERAS, X.; OROZCO-ROMERO J.; SAUCEDO-VELOZ, C. 2005. Prácticas agronómicas que afectan la calidad del fruto de limón en cosecha y postcosecha. p. 118-130. En: Memoria Científica. III Simposio internacional Citrícola. Sagarpa-Conalim-Coelím.
- NEWCOMB, D. A. 1978. Selection of rootstocks for salinity and diseases resistance. Proc. Int. Soc. Citriculture. Australia. 1: 117-120.
- SIMON, A.; JIMÉNEZ, R. 1986. El *Citrus amblycarpa* un patrón con perspectiva para la citricultura Cubana. Memoria Simp. Int. Citricultura Tropical 1: 215-283.
- PÉREZ-ZAMORA, O. 2004. Descripción de los suelos referencia para planeación de la investigación y transferencia en tecnología en la llanura costera de Tecmán, Colima. Libro Científico Núm. 1. INIFAP-Campo Experimental Tecmán. 72 p.
- ROBLES-GONZÁLEZ M. M.; MEDINA-URRUTIA, V. M. 2005. Comportamiento agronómico de cinco genotipos de limón. p. 150-161. En: Memoria Científica III Simposio Internacional Citrícola. Tecmán, Colima México.
- RODNEY, D. R.; HARRIS, D. E. 1977. Rootstocks for Arizona lemons. Citrograph 62(3): 79-80.
- SIMÓN, A.; DEL VALLE, N.; JIMÉNEZ, R. 1997. *Citrus amblycarpa* rootstock an option in Cuban Citriculture. IICA-Tropical fruits Newsletter, N. 23: 5-7.
- VALDEZ-VERDUZCO, J.; MEDINA-URRUTIA, V. M. 1981. Influence of rootstocks on Mexican lime performance in Colima, Mexico. Proc. Int. Soc. Citriculture 1: 142-144.